

3. Froehling M., Schwaderer F., Bartusch H. et al. Integrated planning of transportation and recycling for multiple plants based on process simulation // European journal of operational research. 2010. Vol. 207. Iss. 2. Pp. 958-970.
4. Ganjehkaviri A., Mohd Jaafar M. N. et al. Modelling and optimization of combined cycle power plant based on exergoeconomic and environmental analyses // Applied thermal engineering. 2014. Vol. 67. Iss. 1-2. Pp. 566-578.
5. Martin E., Meis M., Mourenza C. et al. Fast solution of direct and inverse design problems concerning furnace operation conditions in steel industry // Applied thermal engineering. 2012. Vol. 47. Pp. 41-53.
6. Kuang S., Li Z., Yu A. Review on Modeling and Simulation of Blast Furnace // Steel research international. 2018. Vol. 89. Iss. 1. Code UNSP 1700071.
7. Ariyama T., Natsui S., Kon T. et al. Recent Progress on Advanced Blast Furnace Mathematical Models Based on Discrete Method // ISIJ international. 2014. Vol. 54. Iss. 7. Pp. 1457-1471.
8. Spirin N.A., Lavrov V.V., Rybolovlev V.Yu. et al. Модельные системы поддержки принятия решений в АСУ ТП доменной плавки металлургии // Под ред. Н. А. Спирина. – Екатеринбург: УрФУ, 2011. – 462 с.
9. Spirin N.A., Lavrov V.V., Burykin A.A. et al. Complex of model systems for supporting decisions made in managing blast-furnace smelting technology // Metallurgist. 2011. Vol. 54. No. 9–10. Pp. 566-569.
10. Spirin N., Gileva L., Lavrov V., Gordon Y., Yaroshenko Yu. The pilot expert system to control blast furnace operation // AISTech 2015 Iron and Steel Technology Conference and 7th International Conference on the Science and Technology of Iron-making, ICSTI 2015 (Cleveland, United States). Code 113707. 2015. Vol. 1. Pp. 1225-1232.
11. Spirin N.A., Lavrov V.V., Rybolovlev V.Y., Krasnobaev A.V., Pavlov A.V. Use of Contemporary Information Technology for Analyzing the Blast Furnace Process // Metallurgist. 2016. Vol. 60. Iss. 5-6. Pp. 471-477.

УДК 004.681

А. И. Сунаргулова

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И.Носова», г. Магнитогорск, Россия

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ДСП С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОЦЕНКИ НАЛИЧИЯ ТРЕНДА ПО КРИТЕРИЮ ВОСХОДЯЩИХ И НИСХОДЯЩИХ СЕРИЙ

Аннотация

Объект исследования – дуговая сталеплавильная печь переменного тока (ДСП). Для управления электрическими параметрами ДСП целесообразно применять системы экстремального регулирования статистического типа. Целью данной работы является разработка и исследование системы автоматической оптимизации управления

электрическими параметрами ДСП, который реализует алгоритм системы экстремального регулирования. Выполнен расчет и анализ статической характеристики автоматизируемого параметра по экспериментальным данным. Разработана структурная схема системы оптимизации энергетическим режимом с использованием оценки наличия тренда по критерию восходящих и нисходящих серий. Произведено моделирование и исследование разработанной системы автоматической оптимизации в программной среде Vissim. Произведен сравнительный анализ работы систем, основанных на различных критериях наличия тренда. Определена работоспособность системы автоматической оптимизации при разных критериях определения наличия тренда.

Ключевые слова: ДСП, система экстремального регулирования, критерий, тренд, серия, мощность дуги, рабочий ток.

Abstract

The object of study is electric arc furnace of alternating current (EAF). The paper shows statistical optimum control system are most efficient for EAF electrical parameters control. The aim of this work is to develop and study a system for the automatically optimize control of EAF electrical parameters that implements the algorithm of extreme control. The calculation and analysis of static characteristics of automatable parameter for the experimental parameters. Structural diagram of the optimization system and energy regime, using estimates of a trend by criterion of ascending and descending series. Performed modeling and analysis of the developed system of automatic optimization in the software environment Vissim. We present comparative analysis of systems based on various trend criteria in operation. Identified the health systems of automatic optimization for different criteria for determining the existence of a trend.

Key words: EAF, optimum control system, criteria, trend, series, arc power, operating current.

Введение. Цель управления сталеплавильным процессом в ДСП заключается в получении стали нужного состава и качества при максимальной производительности и экономичной работы печи [1]. Существующие системы управления электрическими параметрами ДСП не могут обеспечить реализацию режимов, которые удовлетворяют требованиям управления режимами при рациональном уровне затрат и производительности. Поддержание выбранного критерия оперативной оптимизации на экстремальном уровне в условиях возмущений по значениям электрических параметров возможно с использованием систем экстремального регулирования на базе статистических критериев.

1. Анализ статических характеристик ДСП

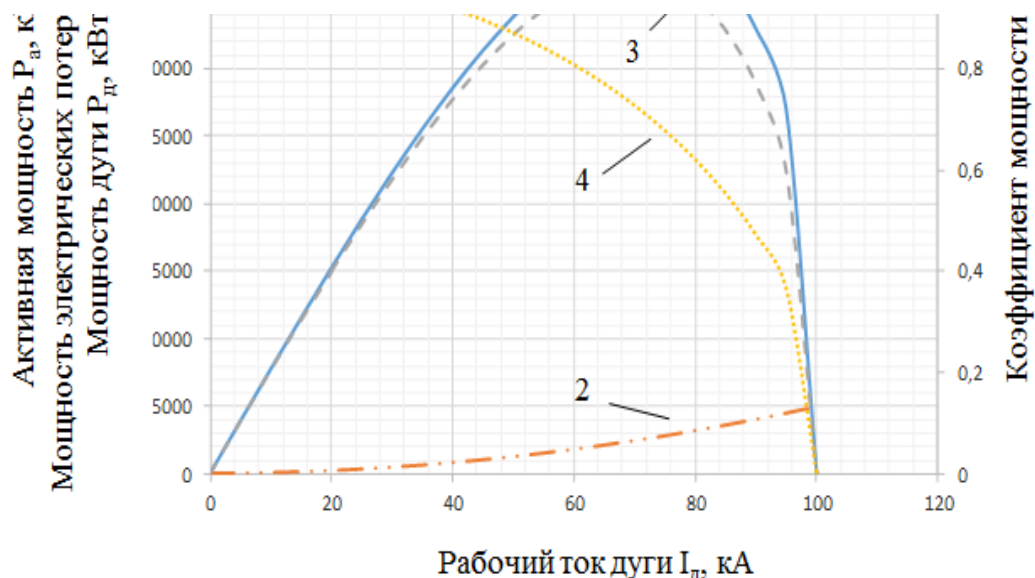
Методика расчета оптимальных электрических режимов ДСП с каждым годом совершенствуется и развивается вместе с печами [2, 3-5].

Оптимальный электрический режим для каждой ступени мощности и вторичного напряжения – важнейшее и необходимое условие [6].

Из рисунка 1 видно, что с увеличением тока растут электрические потери, а при увеличении тока коэффициент мощности уменьшается. Параметры имеют статические характеристики одноэкстремального вида, что является доказательством справедливости полученного вывода. Для достижения максимальной часовой производительности печи рационально вести плавку на токах, соответствующих максимуму мощности дуги [7, 8].

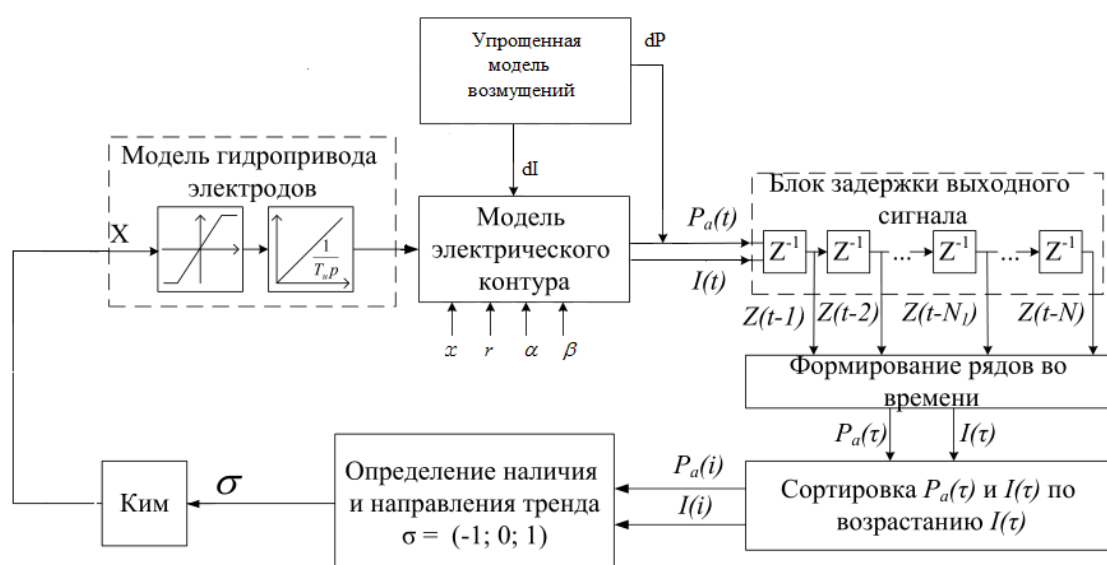
2. Математическая модель САОУ электрическими параметрами ДСП с использованием оценки наличия тренда восходящих и нисходящих серий

В работе предлагается использовать метод экстремального регулирования, связанный с оценкой наличия тренда в зависимости $P_d=f(I)$ мощности дуги от тока фазы. Структурная схема такой САО представлена на рисунке 2.



1 – P_a , кВт; 2 – $P_{эл}$, кВт; 3 – P_d , кВт, 4 – $\cos \varphi$

Рис. 1. Рабочие характеристики электрического режима ДСП – 180 при $U = 1345$ В



P_a – активная мощность; I – рабочий ток; σ – направление тренда, которое характеризует направление перемещения электродов;
 x – индуктивное сопротивление токоподвода; r – сопротивление короткой сети
 Рис. 2. Структурная схема САО статистического типа, основанной на критерии определения наличия тренда

Отсутствие тренда показывает достижение экстремума, а направление свидетельствует о текущем положении относительно него.

3. Исследование работы САОУ с использованием оценки наличия тренда восходящих и нисходящих серий

При моделировании были реализованы разные способы определения направления тренда, которое соответствовало бы требуемому направлению перемещения электрода при движении к экстремуму [8]:

- первый – по знаку длиннейшей серии;
- второй – по количеству серий;
- третий – по знаку величины

$$P(I_{\text{макс}}) - P(I_{\text{мин}}), \quad (1)$$

где $I_{\text{макс}}$ и $I_{\text{мин}}$ – максимальное и минимальное значение тока;

- четвертый – по знаку величины

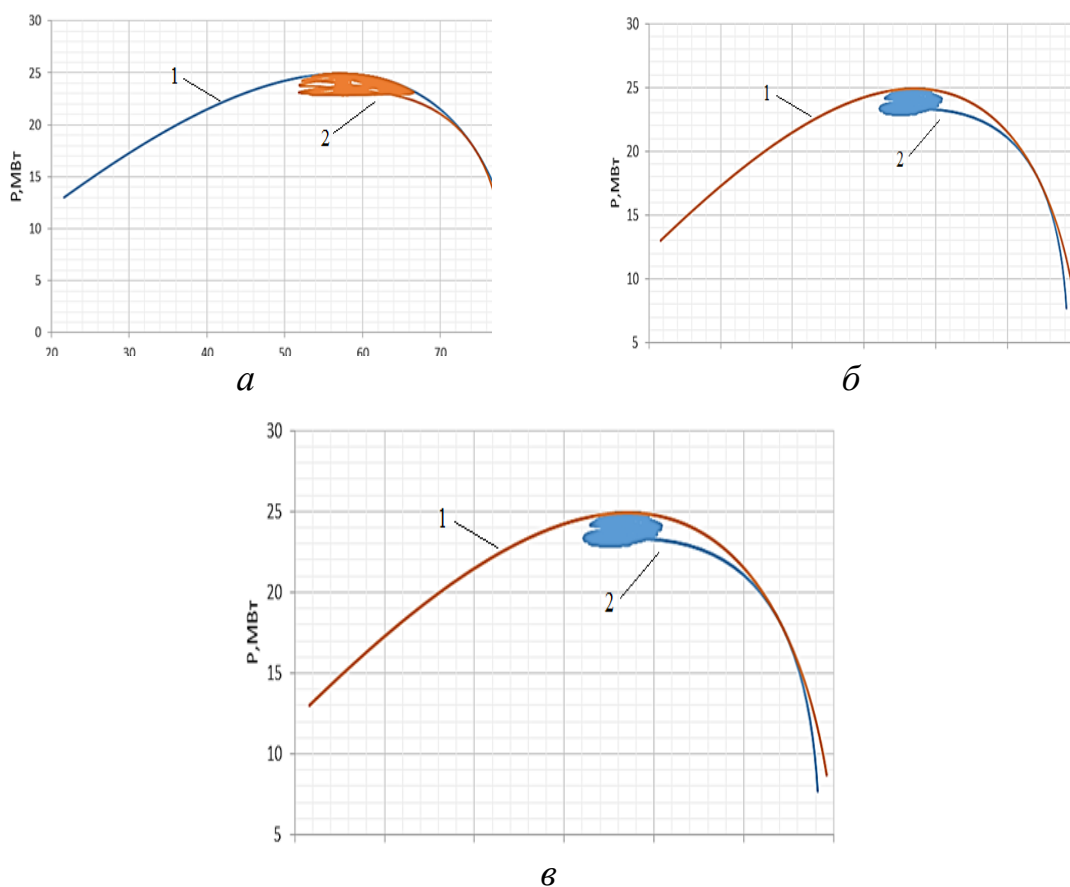
$$\sum_{i=1}^N \text{Sign}(P(i+1) - P(i)) \cdot (P(i+1) - P(i))^2, \quad (2)$$

где $P(i)$ – ряд мощности, упорядоченный по возрастанию соответствующих значений тока;

- пятый – по коэффициенту a уравнения линейной регрессии зависимости

$$P(I) = a \cdot I + b. \quad (3)$$

Приведены фазовые портреты (рис. 3), наложенные на статическую характеристику при таких параметрах настройки, в которых САОУ имеет наибольшую работоспособность, при этом ошибка относительно максимума $Y_{\text{max}} = 23,843$ МВт минимальная.



1 – статическая характеристика; 2 – фазовый портрет

Рис. 3. Фазовый портрет работы САО при пятом способе определения направления тренда

На рисунках 3, а и 3, б приведены фазовые портреты САОУ при третьем способе определения направления тренда по знаку величины (1) и четвертом способе по знакопеременной функции (2), с параметрами настройки: $X1=160$; $X2=1$; $X3=1$; $X4=1$; $X5=10$.

Ошибка относительно максимума составила:

– при третьем способе определения направления тренда равно 0,2315 МВт;

– при четвертом способе определения направления тренда – 0,1581 МВт.

На рисунке 3, в приведен фазовый портрет САОУ при пятом способе определения направления тренда с параметрами настройки: $X1=160$; $X2=1$; $X3=1$; $X4=1$; $X5=-10$, ошибка относительно наибольшего значения составила: 0 МВт.

В результате было установлено, что по первому способу определения направления тренда получено двенадцать работоспособных вариантов САОУ, что составляет 16,7 %; по второму способу – два работоспособных (2,8 %); по третьему – двадцать три работоспособных (31,9 %); по четвертому – двадцать семь работоспособных (37,5 %); по пятому – двадцать шесть работоспособных вариантов (36,1 %).

Исследовалась работоспособность САОУ при различных способах определения направления тренда. При параметрах настройки, как: $X1=160$; $X2=1$; $X3=1$; $X4=1$ САОУ имеет большое количество работоспособных вариантов.

Заключение (выводы)

Разработана система автоматической оптимизации управления электрическими параметрами ДСП с использованием оценки наличия тренда по критерию восходящих и нисходящих серий. В результате анализа статических характеристик выбран оптимизируемый параметр мощность, выделяемая в дуге. Разработана математическая модель САОУ и при различных способах определения направления тренда определена работоспособность системы, также контролировались потери на поиск относительно максимума. Были получены оптимальные фазовые портреты.

Список использованных источников

1. Автоматизация и оптимизация управления технологическими процессами внепечной доводки стали: монография / Е.Н. Ишметьев, С.М. Андреев, Б.Н. Парсункин, З.Г. Салихов, У.Б. Ахметов. – Магнитогорск: МГТУ, 2008. – 311 с.

2. Еланский Д.Г. Передовые технологии производства стали: научно – теоретический журнал // Электрометаллургия. 2005. №10. С. 42.

3. Автоматизация и оптимизация управления выплавкой стали в электродуговых печах: монография / Б.Н. Парсункин, С.М. Андреев, О.С. Логунова; под ред. Б.Н. Парсункина; Магнитогорск: гос. техн. ун-т. – Магнитогорск, 2012. – 304 с.

4. Лапшин И.В. Автоматизация технологических процессов дуговой сталеплавильной печи: научно-теоретический журнал. – М.: ООО «Квадратум», 2006. – 157 с.

5. Инновационные подходы к управлению электрическими режимами дуговых сталеплавильных электропечей: научно-теоретический журнал / Р.А. Бикеев, В.А. Сериков, А.М. Огнев, А.В. Речкалов, В.С. Чередниченко // Электromеталлургия. 2015. №8. С. 26.

6. Ефромович Ю.Е. Оптимальные электрические режимы дуговых сталеплавильных печей: научно-теоретический журнал. – М.: Metallurgizdat, 2006. – 108 с.

7. Казакевич, В.В. Системы автоматической оптимизации: научно-теоретический журнал. – М.: Энергия, 2007. – 288 с.

8. Системные факторы оценки работоспособности электротехнических комплексов на основе интегротохастических критериев энергоэффективности: научно-теоретический журнал / И.Д. Труфанов, А.П. Лютый // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2010. Т.48. С. 46.

УДК 007.51

Е. В. Филиппова, Л. Г. Егорова

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ЭНЕРГОУЧЕТА В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПАО «ММК»

Аннотация

В докладе рассмотрена информация о затратах энергоресурсов на предприятии, цели и задачи создания автоматизированной системы контроля и учета энергоресурсов. Входными данными для системы являются данные со смежных систем, а также данные ручного ввода пользователя. Выходными данными системы является экранная форма и выгруженный документ в специализированном формате. Приведена структура и этапы разрабатываемой автоматизированной системы контроля и учета энергоресурсов и описание каждого модуля при помощи диаграммы последовательности. Также в докладе расписаны входные и выходные данные для каждого модуля. В диаграммах последовательности описаны данные (потoki) и действия, совершаемые с данными. Обозначены не только действия каждого модуля, но и вспомогательных элементов, таких как база данных, смежные системы и пользователь.

Ключевые слова: энергоучет, модуль, этап системы, ТЭР, МВЗ.

Abstract

The report considers information on energy costs in the enterprise, the goals and tasks of creating an automated system for controlling and accounting for energy resources. Input data for the system are data from adjacent systems, as well as data of the user's manual input. The output of the system is the screen form and the uploaded document in a specialized format. The structure and stages of the automated system for monitoring and accounting of energy resources are described and a description of each module is provided using a sequence diagram. The report also includes input and output data for each module. Sequence diagrams describe data (flows) and actions performed